

PCT/JP01/01446

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

27.02.01	
REC'D 17 APR 2001	
WIPO	PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 2月28日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-051487

出 願 人
Applicant(s):

大日本印刷株式会社
日本電信電話株式会社

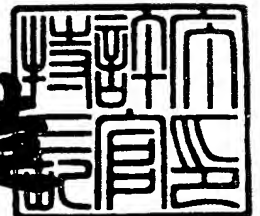
10/019847

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2001年 3月30日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3024133

【書類名】 特許願

【整理番号】 NDN99922

【提出日】 平成12年 2月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03F 1/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
 大日本印刷株式会社内

 【氏名】 瀬川 敏一

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
 大日本印刷株式会社内

 【氏名】 栗原 正彰

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
 日本電信電話株式会社内

 【氏名】 小向 哲郎

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
 日本電信電話株式会社内

 【氏名】 中沢 正隆

【特許出願人】

 【識別番号】 000002897

 【氏名又は名称】 大日本印刷株式会社

【特許出願人】

 【識別番号】 000004226

 【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097777

【弁理士】

【氏名又は名称】 菰澤 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100088041

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100092495

【弁理士】

【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004649

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバー加工用位相マスクの製造方法及びその光ファイバー加工用位相マスクを使用して作製されたブラッグ回折格子付き光ファイバー

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透明基板の 1 面に格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられ、その繰り返しパターンによる回折光を光ファイバーに照射して異なる次数の回折光相互の干渉縞により光ファイバー中に回折格子を作製する光ファイバー加工用位相マスクの製造方法において、ピッチが線形あるいは非線形に増加あるいは減少し、凹溝と凸条の幅の比が一定の複数のパターンを相互に並列したマスクを作製する際に、異なるピッチデータを持つパターン間の接続部分のピッチと個別パターン内のピッチとのずれを小さくするために多重露光することを特徴とするファイバー加工用位相マスクの製造方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記の異なるピッチデータを持つ複数のパターンを並列して多重描画する際に、同一方向に多重描画することを特徴とする光ファイバー加工用位相マスクの製造方法。

【請求項 3】 請求項 1 において、前記の異なるピッチデータを持つ複数のパターンを並列して多重描画する際に、逆方向に多重描画することを特徴とする光ファイバー加工用位相マスクの製造方法。

【請求項 4】 請求項 1 から 3 の何れか 1 項において、前記格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンのピッチが $0.85 \sim 1.25 \mu\text{m}$ の間で変化していることを特徴とする光ファイバー加工用位相マスクの製造方法。

【請求項 5】 請求項 1 から 4 の何れか 1 項において、前記格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンの凹溝と凸条の高さの差が、光ファイバー加工用の紫外線が透過する際に位相が略 π だけずれる大きさであることを特徴とする光ファイバー加工用位相マスクの製造方法。

【請求項 6】 請求項 1 から 5 の何れか 1 項において、前記格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンは、1 つの凹溝と凸条からなる基本パターンの描画データを基本とし、その基本パターンの描画データの縮尺を変えて前記のピッチが異なる凹溝と凸条からなるパターンを連続的に描画することにより作製することを

特徴とする光ファイバー加工用位相マスクの製造方法。

【請求項 7】 請求項 6 において、前記の格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンとのピッチの位置に応じた変化は、光ファイバー中に作製される回折格子のピッチの変化に応じて定められ、前記基本パターンの描画データの縮尺に応じた変化により与えられることを特徴とする光ファイバー加工用マスク製造方法。

【請求項 8】 請求項 1 から 7 の何れか 1 項において、描画は電子線描画装置にて行うことを特徴とする光ファイバー加工用マスク製造方法。

【請求項 9】 請求項 1 から 7 の何れか 1 項において、描画はレーザ光描画装置にて行うことを特徴とする光ファイバー加工用マスク製造方法。

【請求項 10】 請求項 1 から 9 の何れか 1 項に記載の製造方法によって製造された光ファイバー加工用位相マスクを使用して作製されたことを特徴とするブラッグ回折格子付き光ファイバー。

【請求項 11】 請求項 10 記載のブラッグ回折格子付き光ファイバーは、光ファイバーの分散補償用途に使用されるものであることを特徴とするブラッグ回折格子付き光ファイバー。

【請求項 12】 請求項 11 記載のブラッグ回折格子付き光ファイバーの群遅延揺らぎが $\pm 10 \text{ ps}$ 以内になっていることを特徴とするブラッグ回折格子付き光ファイバー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバー加工用位相マスクの製造方法及びその光ファイバー加工用位相マスクを使用して作製されたブラッグ回折格子付き光ファイバーに関し、特に、光通信等に用いられる光ファイバー内に紫外線レーザ光を使用して回折格子を作製するための位相マスクの製造方法とそのマスクを用いて作製されたブラッグ回折格子付き光ファイバーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバーは地球規模の通信に大革命をもたらし、高品質、大容量の大洋横

断電話通信を可能にしたが、従来より、この光ファイバーに沿ってコア内に周期的に屈折率分布を作り出し、光ファイバー内にブラック回折格子を作り、その回折格子の周期と長さ、屈折率変調の大きさによって回折格子の反射率の高低と波長特性の幅を決めることにより、その回折格子を光通信用の波長多重分割器、レーザやセンサーに使用される狭帯域の高反射ミラー、ファイバーアンプにおける余分なレーザ波長を取り除く波長選択フィルター等として利用できることが知られている。

【0003】

しかし、石英光ファイバーの減衰が最小となり、長距離通信システムに適している波長は $1.55\mu\text{m}$ であることにより、この波長で光ファイバー回折格子を使用するためには、格子間隔を約 500nm とする必要があり、このような細かい構造をコアの中に作ること自体が当初は難しいとされており、光ファイバーのコア内にブラック回折格子を作るのに、側面研磨、フォトレジストプロセス、ホログラフィー露光、反応性イオンビームエッチング等からなる何段階もの複雑な工程がとられていた。このため、作製時間が長く、歩留まりも低かった。

【0004】

しかし、最近、紫外線を光ファイバーに照射し、直接コア内に屈折率の変化をもたらす回折格子を作る方法が知られるようになり、この紫外線を照射する方法は複雑なプロセスを必要としないため、周辺技術の進歩と共に次第に実施されるようになってきた。

【0005】

この紫外光を用いる方法の場合、上記のように格子間隔が約 500nm と細かいため、2本の光束を干渉させる干渉方法、（エキシマレーザからのシングルパルスを集光して回折格子面を1枚ずつ作る）1点毎の書き込みによる方法、グレーティングを持つ位相マスクを使って照射する方法等がとられている。

【0006】

上記の2光束を干渉させる干渉方法には、横方向のビームの品質、すなわち空間コヒーレンスに問題があり、1点毎の書き込みによる方法には、サブミクロンの大きさの緻密なステップ制御が必要で、かつ光を小さく取り込み多くの面を書

き込むことが要求され、作業性にも問題があった。

【 0 0 0 7 】

このため、上記問題に対応できる方法として、位相マスクを用いる照射方法が注目されるようになってきたが、この方法は図 5 (a) に示すように、石英基板の 1 面に凹溝を所定のピッチで所定の深さに設けた位相シフトマスク 2 1 を用いて、K r F エキシマレーザ光 (波長 : 1 9 0 ~ 3 0 0 n m) 2 3 をそのマスク 2 1 照射し、光ファイバー 2 2 のコア 2 2 A に直接屈折率の変化をもたらし、グレーティング (格子) を作製するものである (符号 2 2 B は光ファイバー 2 2 のクラッドを示す。) 。なお、図 5 (a) には、コア 2 2 A における干渉縞パターン 2 4 を分かりやすく拡大して示してある。図 5 (b) 、図 5 (c) はそれぞれ位相マスク 2 1 の断面図、それに対応する上面図の一部を示したものである。位相マスク 2 1 は、その 1 面に繰り返しピッチ P で深さ D の凹溝 2 6 を設け、凹溝 2 6 間に略同じ幅の凸条 2 7 を設けてなるバイナリー位相型回折格子状の構造を有するものである。

【 0 0 0 8 】

位相マスク 2 1 の凹溝 2 6 の深さ (凸条 2 7 と凹溝 2 6 との高さの差) D は、露光光であるエキシマレーザ光 (ビーム) 2 3 の位相を π ラジアンだけ変調するように選択されており、0 次光 (ビーム) 2 5 A は位相シフトマスク 2 1 により 5 % 以下に抑えられ、マスク 2 1 から出る主な光 (ビーム) は、回折光の 3 5 % 以上を含むプラス 1 次の回折光 2 5 B とマイナス 1 次の回折光 2 5 C に分割される。このため、このプラス 1 次の回折光 2 5 B とマイナス 1 次の回折光 2 5 C による所定ピッチの干渉縞の照射を行い、このピッチでの屈折率変化を光ファイバー 2 2 内にもたらすものである。

【 0 0 0 9 】

上記のような位相マスク 2 1 を用いて作製する光ファイバー中のグレーティングはピッチが一定のものであり、そのためその作製に用いられる位相マスク 2 1 の凹溝 2 6 のピッチも一定のものであった。

【 0 0 1 0 】

このような位相マスクを作製するには、電子線レジストを塗布した石英基板上

の凹溝 26 に相当する位置を電子線描画装置により描画して、描画部をエッチング除去することにより作製していた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、最近、光ファイバー中に形成するブラック回折格子として、格子のピッチが格子溝に直交する方向（格子の繰返し方向）の位置に応じて線形あるいは非線形に増加あるいは減少しているチャープドグレーティングが要求されるようになってきた。このようなグレーティングは、例えば反射帯域を広げた高反射ミラー、光ファイバーの波長分散を補償する手段として用いられる。

【0012】

このように格子のピッチが光ファイバーの長さ方向の位置に応じて線形あるいは非線形に変化するグレーティングを、位相マスクを用いてプラス1次の回折光とマイナス1次の回折光の干渉により作製しようとする場合、位相マスクの凹溝のピッチも、図5(a)の原理より明らかなように、同様に位置に応じて線形あるいは非線形に増加あるいは減少する必要がある（位相マスクの凹溝のピッチがより小さければ、プラス1次回折光とマイナス1次回折光のなす角度がより大きくなり、干渉縞のピッチはより小さくなる。）。このような位相マスクを電子線描画装置により描画して作製するには、従来、凹溝あるいはその間の凸条をマスクの全範囲にわたって描くための多くの描画データを必要とし、製造が困難になる場合がある。このとき、描画データはアドレスグリッドの関係から、誤差が発生する問題がある。

【0013】

また、線形あるいは非線形に変化するグレーティングを作製する際に、格子のピッチが異なるパターン間の接続において、ピッチのズレ（繋ぎエラー）という問題が発生する。このような繋ぎエラーを持った位相マスクを用いて作製された光ファイバー回折格子は、図16に反射特性を例示するように、本来のスペクトル以外の不要なピークが多数生じてしまう。また、チャープドグレーティングにおいては、その群遅延特性に揺らぎが生じ、光ファイバーの分散補償に用いる場合、重要な問題となり得る。

【0014】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、光ファイバー加工用位相マスクにおいて、作製される光ファイバー回折格子のスペクトル波形並びに群遅延特性を悪化させる繋ぎエラーを少なくした光ファイバー加工用位相マスクの製造方法を提供することである。本発明は、また、このような光ファイバー加工用位相マスクを使用して作製されたブラッグ回折格子付き光ファイバーを含むものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の光ファイバー加工用位相マスクの製造方法は、透明基板の1面に格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられ、その繰り返しパターンによる回折光を光ファイバーに照射して異なる次数の回折光相互の干渉縞により光ファイバー中に回折格子を作製する光ファイバー加工用位相マスクの製造方法において、ピッチが線形あるいは非線形に増加あるいは減少し、凹溝と凸条の幅の比が一定の複数のパターンを相互に並列したマスクを作製する際に、異なるピッチデータを持つパターン間の接続部分のピッチと個別パターン内のピッチとのずれを小さくするために多重露光することを特徴とする方法である。

【0016】

この場合に、異なるピッチデータを持つ複数のパターンを並列して多重描画する際に、同一方向に多重描画するようにしてもよいし、逆方向に多重描画するようにしてもよい。

【0017】

また、格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンのピッチは、近赤外域の光を反射させるために、通常 $0.85\mu\text{m}\sim 1.25\mu\text{m}$ の間で変化するように設定される。

【0018】

また、格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンの凹溝と凸条の高さの差は、光ファイバー加工用の紫外線が透過する際に位相が略 π だけずれる大きさであることが望ましい。

【0019】

また、格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンは一つの凹溝と凸条からなる基本パターンの描画データを基本とし、その基本パターンの描画データの縮尺を変えてピッチが異なる凹溝と凸条からなるパターンを連続的に描画することにより作製するようにすることができる。

【0020】

この場合に、格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンのピッチの位置に応じた変化は、光ファイバー中に作製される回折格子のピッチの変化に応じて定められ、その基本パターンの描画データの縮尺に応じた変化により与えられるようにすることが望ましい。

【0021】

なお、描画は、電子線描画装置あるいはレーザ光描画装置にて行うことができる。

【0022】

本発明は、上記の何れかの製造方法によって製造された光ファイバー加工用位相マスクを使用して作製されたブラッグ回折格子付き光ファイバーも含むものである。

【0023】

そのブラッグ回折格子付き光ファイバーは、例えば光ファイバーの分散補償用途に使用されるものであり、そのブラッグ回折格子付き光ファイバーの群遅延揺らぎは $\pm 10 \text{ p s}$ 以内になっているものである。

【0024】

本発明においては、凹溝と凸条の幅の比が一定の複数のパターンを相互に並列したマスクを作製する際に多重露光するので、図1に示すように、位置精度のずれが平均化され、それによってピッチが異なるパターンの接続部分の繋ぎエラーが小さくなる。そのため、従来のような異なるピッチのパターンを並列接続したときの繋ぎエラーの発生が低減され、このような位相マスクを使用して作製されたブラッグ回折格子付き光ファイバーにおいては、本来のスペクトル以外の不要なピークが低減され、また、群遅延特性において揺らぎが低減される。

【 0 0 2 5 】

本発明の製造方法は、縮尺率を変えて描画する方法でも、異なるピッチの格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンデータを並列して描画する方法のどちらの場合でも、有効である。

【 0 0 2 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の光ファイバー加工用位相マスクの製造方法を実施例に基づいて説明する。

【 0 0 2 7 】

図 2 (b) に、図 5 (a) のような配置で光ファイバー中にブラッグ回折格子を作製するための交互に凹溝 2 6 と凸条 2 7 の繰り返しパターンからなる位相マスク 2 1 の長尺方向の一部分の断面図を示す。このようなマスク 2 1 の凹溝 2 6 と凸条 2 7 は、図 2 (a) の上面図に示すように、電子線レジストを塗布した石英基板（図 4 参照）上を電子ビームの走査線 2 8 が凹溝 2 6 に沿う方向へ向くようにラスタースキャンして描画することにより凹溝 2 6 を露光し、図に破線で示すように、電子ビームのスキャンをブランクにすることにより凸条 2 7 が作製される。本発明に基づく長尺のマスク 2 1 全体の露光は、図 2 (a) 中、二重矢印で示す方向（凹溝 2 6 と凸条 2 7 に直角な方向）へラスタースキャンを行い、上記のように、凹溝 2 6 を描画すべき位置においては、所定の走査線数（図の場合は 5 本）だけ実際のスキャンを行い、次の凸条 2 7 を描画すべき位置においては同じ走査線数だけスキャンをブランクにし、これを連続的に多数繰り返すことにより所定長さの位相マスク 2 1 を一度に電子線露光する方法である。

【 0 0 2 8 】

すなわち、図 6 に模式的に示すように、電子銃 1、電子銃 1 から放射された電子ビーム 2 を収束させる電子レンズ 3、収束された電子ビーム 1 4 を偏向させる電子線偏向器 4、電子線偏向器 4 によって 1 方向（X 方向）に走査させる収束電子ビーム 1 4 の走査方向に直交する方向（Y 方向）へ移動可能な描画ステージ 5 からなる電子線描画装置を用いて、描画ステージ 5 上に電子線レジストを塗布した石英基板からなる位相マスクブランク 1 0 を載置する。そして、描画ステージ

5を走査方向に直交する方向（Y方向）へ一定速度で送りながら、位相マスクブランク10上に収束電子ビーム14で所定繰り返し間隔で走査方向（X方向）へ偏向して凹溝26を電子線描画する。

【0029】

このとき、多重露光を全パターン領域にわたって行い、繋ぎエラーを低減する。この原理を次に説明する。図3は、異なるピッチを持つパターン $P_1 \sim P_5$ を接続してピッチが線形あるいは非線形に増加あるいは減少するパターンを描画する様子を示す図であり、パターン $P_1 \sim P_5$ を順次描画しながら接続していく。このとき、現実には繋ぎエラーにより各パターンの境界になる凸条になる部分が本来の設定値よりも狭くなったり、広くなったりする。このような繋ぎエラーがあると、そのような位相マスクを用いて作製されたファイバグレーティング上で特異点を形成し、図16との関連で説明したように、本来のスペクトル以外の不要なピークが多数生じたり、チャープドグレーティングにおいては、その群遅延特性に揺らぎが生じ、光ファイバーの分散補償に用いる場合に重要な問題を生じる。

【0030】

図1は、パターン P_1 と P_2 間の境界を示した図である。符号 26_1 は、エラーなしで描画露光できた場合の P_1 の最後の凹溝部分（実線）を示し、 26_2 はエラーなしで描画露光できた場合の P_2 の最初の凹溝部分（実線）を示す。また、 26_3 は第*i*回目に多重露光された P_1 の最後の凹溝部分（破線）を示し、 26_4 は第*i*回目に多重露光されたときの P_2 の最初の凹溝部分（破線）を示す。また、 ΔX_i は 26_1 の中心位置 X と 26_3 の中心位置 X_i との差を示し、 ΔY_i は 26_2 の中心位置 Y と 26_4 の中心位置 Y_i との差を示す。なお、図1は、格子の繰り返し方向、格子溝に沿う方向の両方向にエラーが生じる場合を考慮して図示してあるが、格子の繰り返し方向のみにエラーが生じる場合には、格子溝に沿う方向両端の実線と破線の位置間に誤差は生じない。

【0031】

ここで、第*i*回目に露光された部分だけを考えると、 P_1 と P_2 の間の繋ぎエラーは $\Delta Y_i - \Delta X_i$ で与えられる。ところで、最終的には、N回の多重露光に

より、パターンの繋ぎエラーは $(\Delta Y_1 + \dots + \Delta Y_N) / N - (\Delta X_1 + \dots + \Delta X_N) / N$ になるが、 i が 2 以上の場合、統計的にこのエラー $(\Delta Y_1 + \dots + \Delta Y_N) / N - (\Delta X_1 + \dots + \Delta X_N) / N$ は、 $\Delta Y_1 - \Delta X_1$ よりも小さくなる確率が高い。これは、多重露光により P_1 と P_2 の間の繋ぎエラーは減少しやすいことを意味する。また、他のパターン間も同様であって、結局、多重露光によって全体として繋ぎエラーは減少することになる。

【0032】

この場合に、各パターンは通常よりも少ない露光量で全描画領域を描画し、続けて各パターンを全領域でオーバーラップさせて多重描画する。オーバーラップさせて描画する回数が 1 回の場合には、露光量は従来の方法の半分であり、オーバーラップの回数が増えると共に、露光量は従来の方法に対して回数分の 1 とする必要がある。なお、描画は電子線描画装置にて行ってもよく、また、レーザー光描画装置にて行うこともできる。

【0033】

具体例として、高圧水素充填を施して感光性を高めた石英光ファイバーを感光性光ファイバー 22 (図 5) とし、上記の本発明の方法で連続的に露光し、下記の工程を経て作製された長さ 35 mm のピッチが一定の位相マスク 21 を用いて、図 5 (a) の配置で感光性ファイバー 22 のコア 22A に直接屈折率の変調をもたらした。ただし、紫外線レーザー光源として、アルゴン SHG レーザ (波長: 244 nm) を用いた。このようにして作製されたブラッグ回折格子付き光ファイバーの反射特性を図 9 に示す (図 9 の横軸は波長、縦軸は強度である。)。図 16 と比較すれば明らかなように、不要なピークは小さくなっている。

【0034】

以下、上記位相マスク 21 の製造工程について説明する。

【0035】

基本パターンデータとして、 $0.125 \mu\text{m}$ のアドレスユニットからなり、10 本の走査線からなる 1 ピッチ分の描画データを用意する。縮尺は (所望の格子ピッチ) / (0.125×10) で与えられる。この縮尺と基本パターンデータとを用いて、電子線描画装置により透明基板上に塗布された電子線レジスト上を

描画する。以下、このような描画方法を用いた本発明の位相マスク製造方法の1実施例を説明する。

【0036】

図4はこの実施例の工程を示した断面図である。図4中、10は位相マスクのブランク、11は石英基板、12はクロム薄膜、12Aはクロム薄膜パターン、12Bはクロム薄膜開口部、13は電子線レジスト、13Aはレジストパターン、13Bはレジスト開口部、14は電子線（ビーム）、21は位相マスク、26は凹溝、27は凸条である。

【0037】

まず、図4（a）に示すように、石英基板11上に150Å厚のクロム薄膜12をスパッタにて成膜したブランク10を用意した。クロム薄膜12は、後工程の電子線レジスト13に電子線14を照射する際のチャージアップ防止に役立ち、石英基板に凹溝26を作製する際のマスクとなるものであるが、クロム薄膜エッチングにおける解像性の点でもその厚さの制御は重要で、100～200Å厚が適当である。

【0038】

次いで、図4（b）に示すように、電子線レジスト13としては、電子線レジストを厚さ400nmに塗布し、乾燥した。

【0039】

この後、図4（c）に示すように、電子線レジスト13を電子線描画装置MEBSIII（ETEC社製）にて、ピッチが同じ凹溝と凸条からなる複数のパターンを並列させて露光量 $0.6\mu\text{C}/\text{cm}^2$ で描画し、続いて、もう一度同じパターンを $0.6\mu\text{C}/\text{cm}^2$ で重ねて描画した。このとき、描画の順序は、図7に示すように逆の方向から行う。なお、2度目の描画方向は、図8に示すように、1度目と同じ方向でもよい。

【0040】

露光後、90℃で5分間バーク（PEB：Post Exposure Baking）した後、2.38%濃度のTMAH（テトラメチルアンモニウムヒドロキシド）で電子線レジスト13を現像し、図4（d）に示すような所望

のレジストパターン 1 3 A を形成した。なお、露光後のベーク (P E B) は電子ビーム 1 4 が照射された部分を選択的に感度アップするためのものである。

【0 0 4 1】

次いで、レジストパターン 1 3 A をマスクとして、 CH_2Cl_2 ガスを用いてドライエッチングして、図 4 (e) に示すようなクロム薄膜パターン 1 2 A を形成した。

【0 0 4 2】

次いで、図 4 (f) に示すように、クロム薄膜パターン 1 2 A をマスクとして CF_4 ガスを用いて石英基板 1 1 を深さ 2 4 0 n m だけエッチングした。深さの制御はエッチング時間を制御することにより行われ、深さ 2 0 0 ~ 4 0 0 n m の範囲で制御してエッチングが可能である。

【0 0 4 3】

この後、図 4 (g) に示すように、7 0 °C の硫酸にてレジストパターン 1 3 A を剥離し、次いで、図 4 (h) に示すように、硝酸第二セリウムアンモニウム溶液によりクロム薄膜パターン 1 2 A をエッチングして除去し、洗浄処理を経て、深さ 2 4 0 n m、ピッチ 1 . 0 7 μm のライン (凸条 2 7) & スペース (凹溝 2 6) の位相マスク 2 1 を完成した。

【0 0 4 4】

この位相マスクを使って、光ファイバーのコア内に回折格子を形成し、1 . 5 5 μm 帯の広帯域な光を光ファイバー内に入力し、その反射スペクトルを計測した。その結果、図 9 のように、ノイズ成分が低減したスペクトルを得ることができた。

【0 0 4 5】

以上は、一様なピッチのファイバークレーティングの反射スペクトルを改善する例であったが、本発明を利用して、線形若しくは非線形にピッチが長手方向に変化するチャープドファイバークレーティングの群遅延特性も改善することができる。図 1 0 ~ 図 1 2 は、描画回数が異なる 3 種類のチャープド位相マスクを用いて作製した線形チャープドファイバークレーティングの群遅延特性を示したものである。これらの図の横軸は波長、縦軸は相対群遅延時間である。これら線形

チャープドファイバークレーティングの長さは100mm、帯域（半値全幅）は約1nmであり、反射率は99%である。なお、作製に用いたチャープド位相ドマスクは、

$$\Lambda(i) = (\Lambda_0 + \Delta\Lambda \times i) / n$$

($\Lambda(i)$) は i 番目のパターンのピッチ、 n は光ファイバーのコア屈折率) の式に従ってピッチが1.0722 μ mから1.0730 μ mへ線形に変化する100個のパターンを並列させて描画接続し、上記の様なピッチの位相マスクを作製する場合と同様の工程を経て作製したものであり、図10は従来の作製法、すなわち、描画回数が1回のマスクによるものであり、図11は2回の描画回数、図12は描画回数が4回のマスクによるものである。明らかに、描画回数が多くなるにつれて、それから得た線形チャープドファイバークレーティングの群遅延特性は滑らかになっている。図13～図15はそれぞれ図10～図12における群遅延特性を直線回帰させて得た直線からのズレを示したものであり、群遅延揺らぎを意味している。これらの図の横軸は波長、縦軸は群遅延揺らぎである。図13は群遅延揺らぎが ± 15 ps程度であるが、図14は ± 10 ps程度になっており、図15は ± 10 ps以内になっている。

【0046】

以上、本発明の光ファイバー加工用位相マスクの製造方法及びその光ファイバー加工用位相マスクを使用して作製されたブラッグ回折格子付き光ファイバーを実施例に基づいて説明してきたが、本発明はこれら実施例に限定されず、種々の変形が可能である。なお、以上の発明においては、電子線描画装置としてラスタースキャン型のものを用いるものとしたが、ベクタースキャン型のもの、あるいは、その他の方式のものを用いる場合にも、本発明を適用することができる。

【0047】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、凹溝と凸条の幅の比が一定の複数のパターンを相互に並列したマスクを作製する際に多重露光するので、位置精度のずれが平均化され、それによってピッチが異なるパターンの接続部分の繋ぎエラーが小さくなる。そのため、ピッチが様なファイバークレーティング

においては、中心のブラッグ波長の両側に不要なピークが生じないため、波長選択性が向上する。また、ピッチが線形若しくは非線形に変化するいわゆるチャープドファイバグレーティングにおいては、その群遅延特性において揺らぎが低減され、分散補償特性が飛躍的に向上する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明によりパターンの接続部分の繋ぎエラーが小さくなる原理を説明するための図である。

【図 2】

位相マスクの製造方法において用いられる電子線描画方法と位相マスクの断面を示す図である。

【図 3】

異なるピッチを持つパターンを接続してピッチが変化するパターンを描画する様子を示す図である。

【図 4】

本発明の位相マスクの製造方法の 1 実施例の工程を示した断面図である。

【図 5】

光ファイバー加工とそれに用いられる位相マスクを説明するための図である。

【図 6】

電子線描画装置を用いて位相マスクのパターンを電子線描画する様子を模式的に示す図である。

【図 7】

異なるピッチを持つ複数のパターンを逆方向に多重描画する様子を示す図である。

【図 8】

異なるピッチを持つ複数のパターンを同一方向に多重描画する様子を示す図である。

【図 9】

本発明の 1 具体例により作製されたブラッグ回折格子付き光ファイバーの反射

特性を示す図である。

【図 1 0】

描画回数 1 回のチャープド位相マスクを用いて作製した線形チャープドファイバークレーティングの群遅延特性を示した図である。

【図 1 1】

描画回数 2 回のチャープド位相マスクを用いて作製した線形チャープドファイバークレーティングの群遅延特性を示した図である。

【図 1 2】

描画回数 4 回のチャープド位相マスクを用いて作製した線形チャープドファイバークレーティングの群遅延特性を示した図である。

【図 1 3】

図 1 0 の場合の群遅延揺らぎを示した図である。

【図 1 4】

図 1 1 の場合の群遅延揺らぎを示した図である。

【図 1 5】

図 1 2 の場合の群遅延揺らぎを示した図である。

【図 1 6】

従来の 1 例のブラッグ回折格子付き光ファイバーの反射特性を示す図である。

【符号の説明】

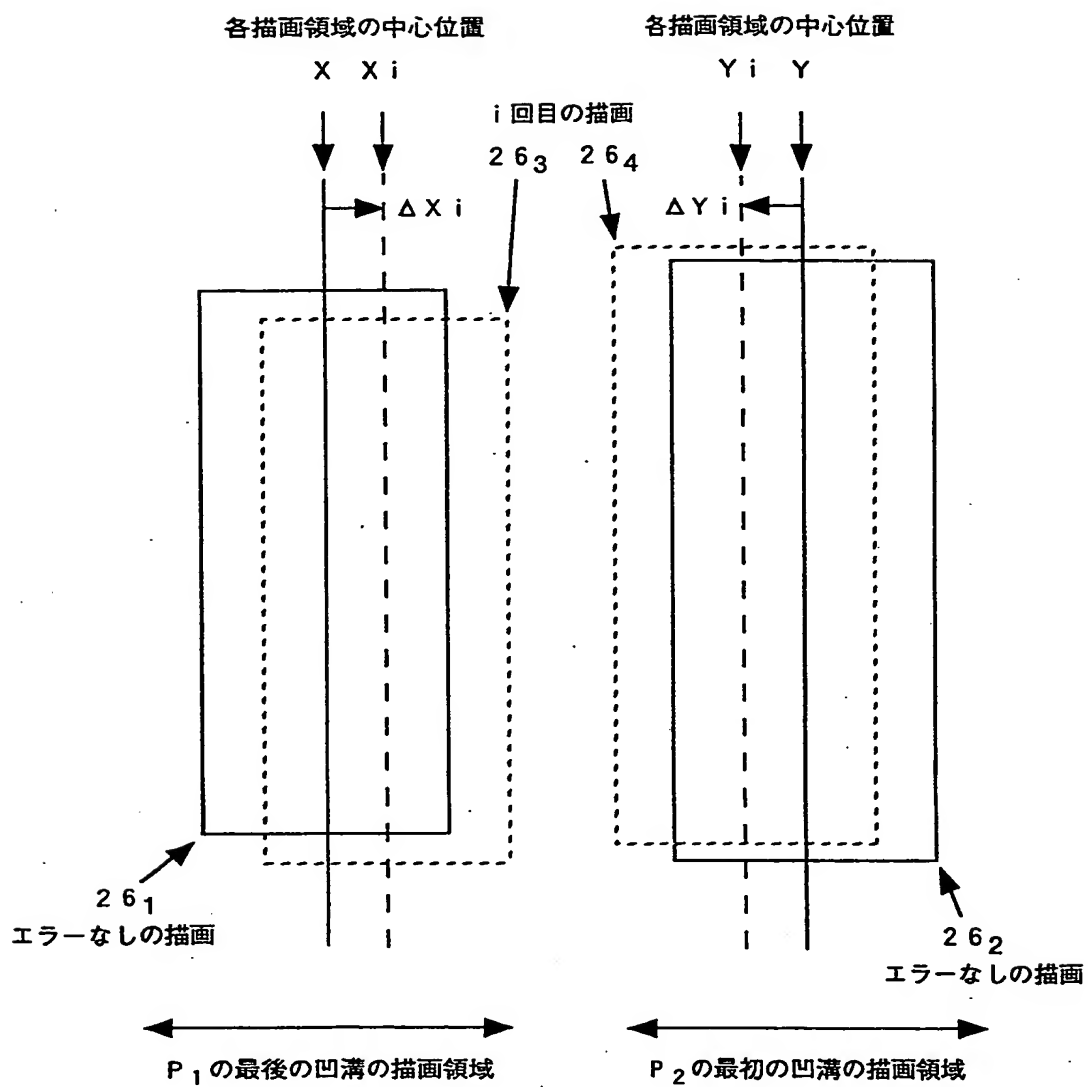
- 1 …電子銃
- 2 …電子ビーム
- 3 …電子レンズ
- 4 …電子線偏向器
- 5 …描画ステージ
- 1 0 …位相マスクのブランク
- 1 1 …石英基板
- 1 2 …クロム薄膜
- 1 2 A …クロム薄膜パターン
- 1 2 B …クロム薄膜開口部

- 1 3 …電子線レジスト
- 1 3 A …レジストパターン
- 1 3 B …レジスト開口部
- 1 4 …電子線（ビーム）
- 2 1 …位相シフトマスク
- 2 2 …光ファイバー
- 2 2 A …光ファイバーのコア
- 2 2 B …光ファイバーのクラッド
- 2 3 …K r Fエキシマレーザ光
- 2 4 …干渉縞パターン
- 2 5 A …0 次光（ビーム）
- 2 5 B …プラス 1 次回折光
- 2 5 C …マイナス 1 次回折光
- 2 6 …凹溝
- 2 6₁ …エラーなしで描画露光できた場合のパターン P₁ の最後の凹溝部分
- 2 6₂ …エラーなしで描画露光できた場合のパターン P₂ の最初の凹溝部分
- 2 6₃ …第 i 回目に多重露光された P₁ の最後の凹溝部分
- 2 6₄ …第 i 回目に多重露光されたときの P₂ の最初の凹溝部分
- 2 7 …凸条
- 2 8 …電子ビームの走査線
- P₁ ～ P₅ …異なるピッチを持つパターン

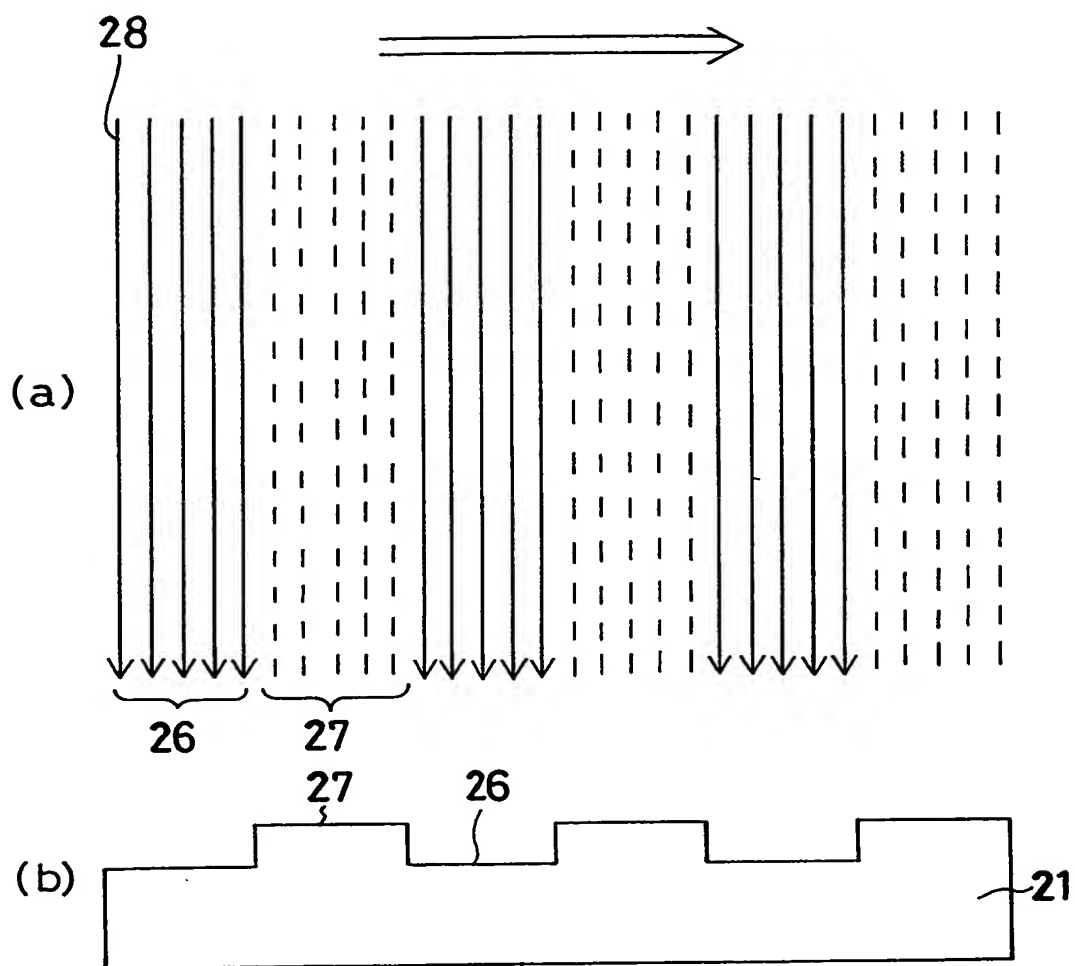
【書類名】

図面

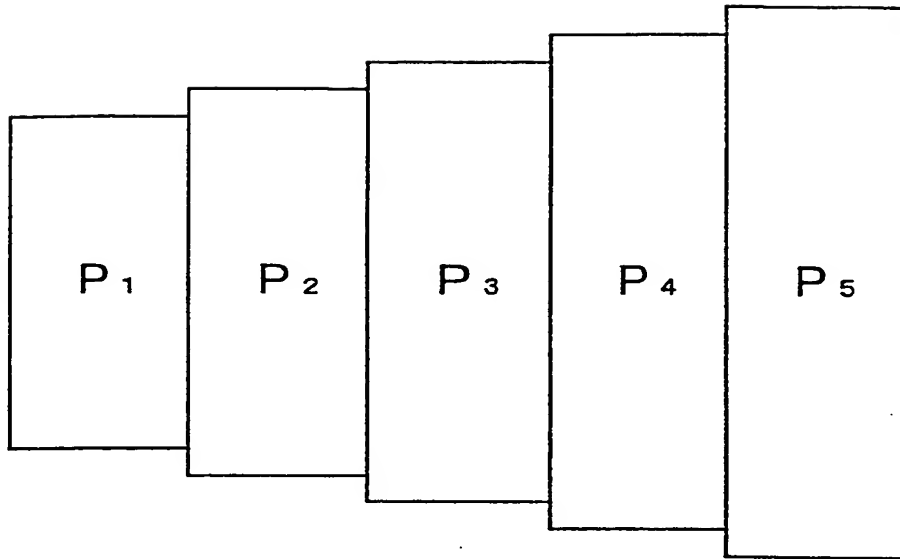
【図 1】



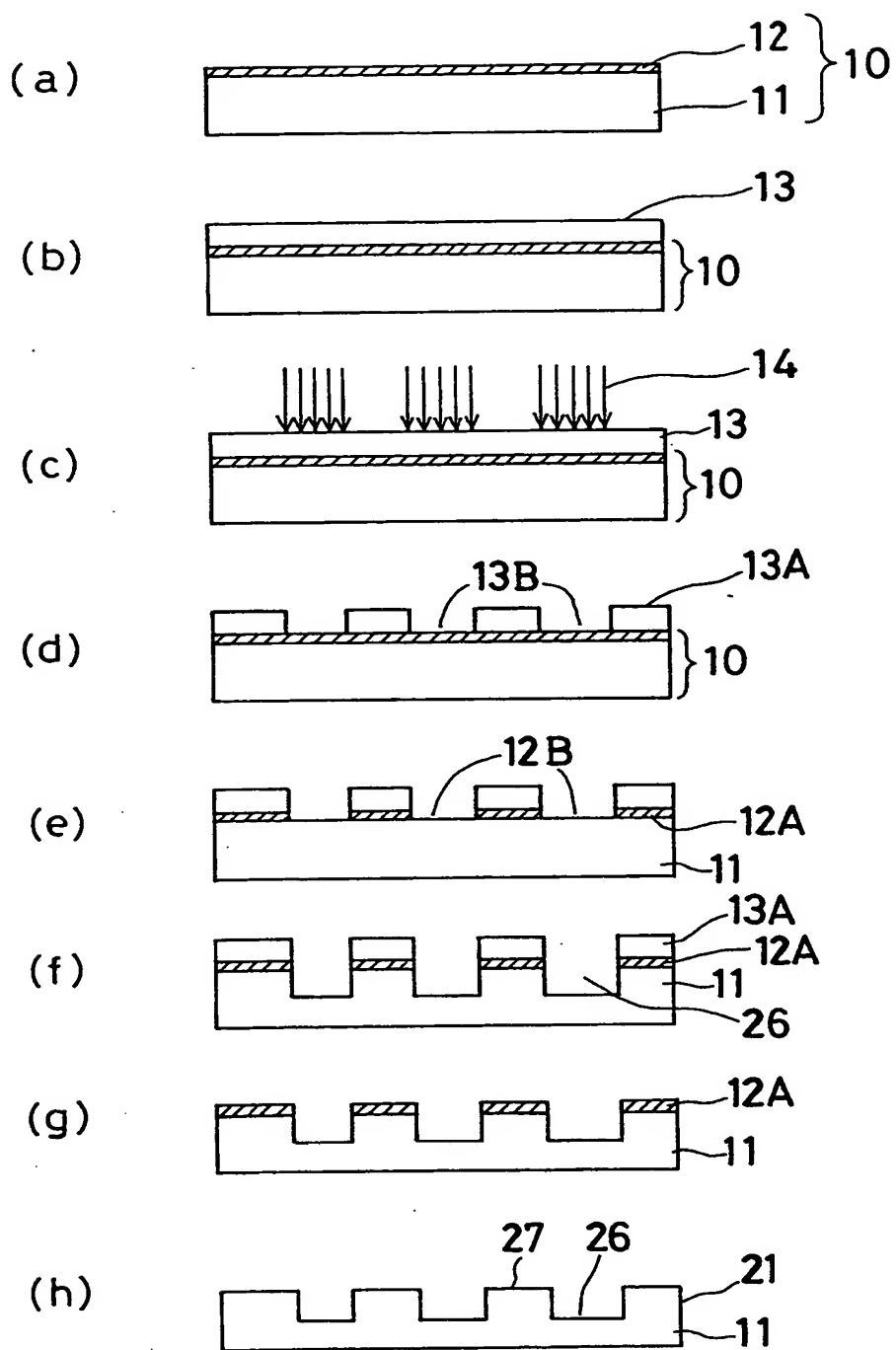
【図 2】



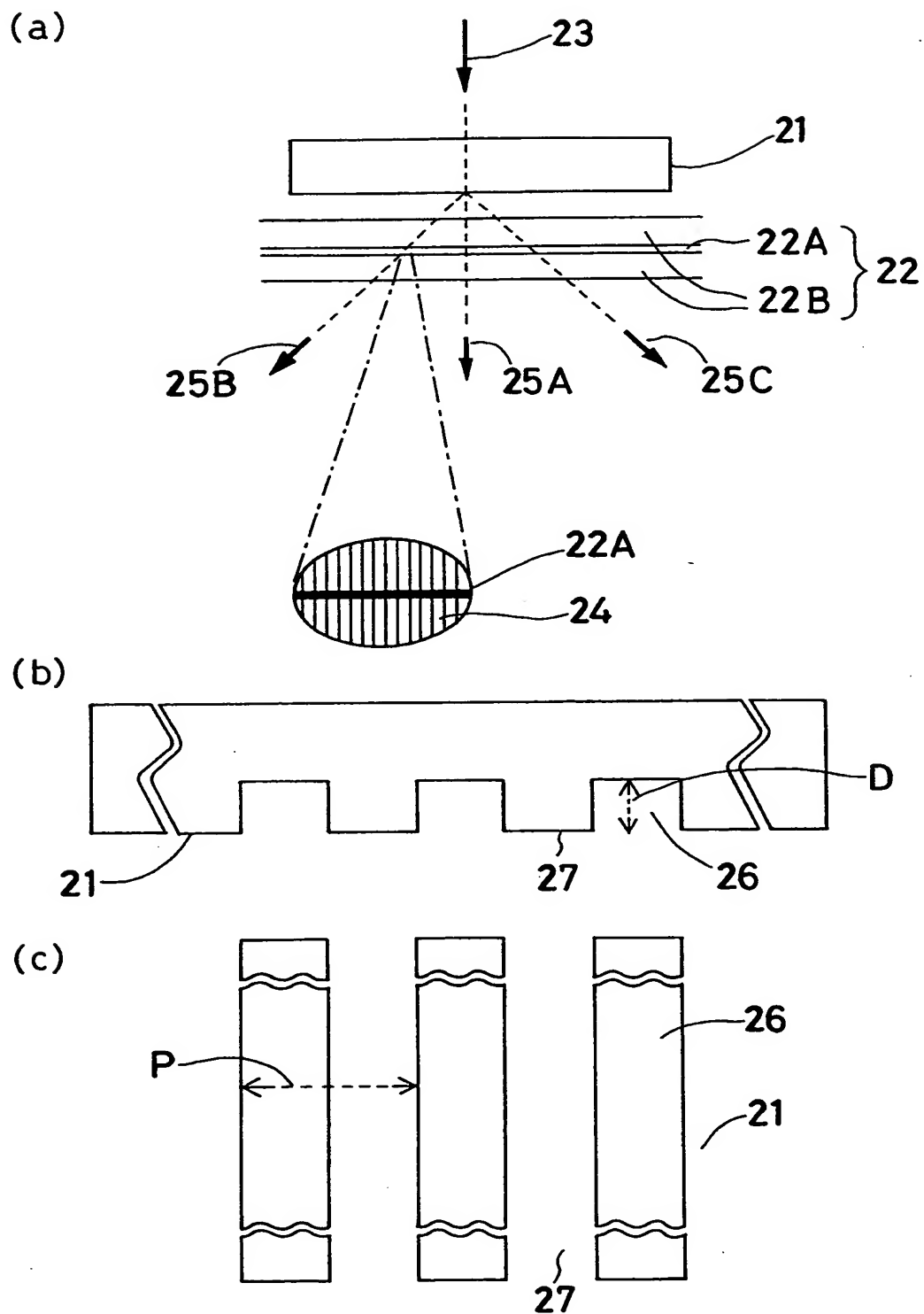
【図 3】



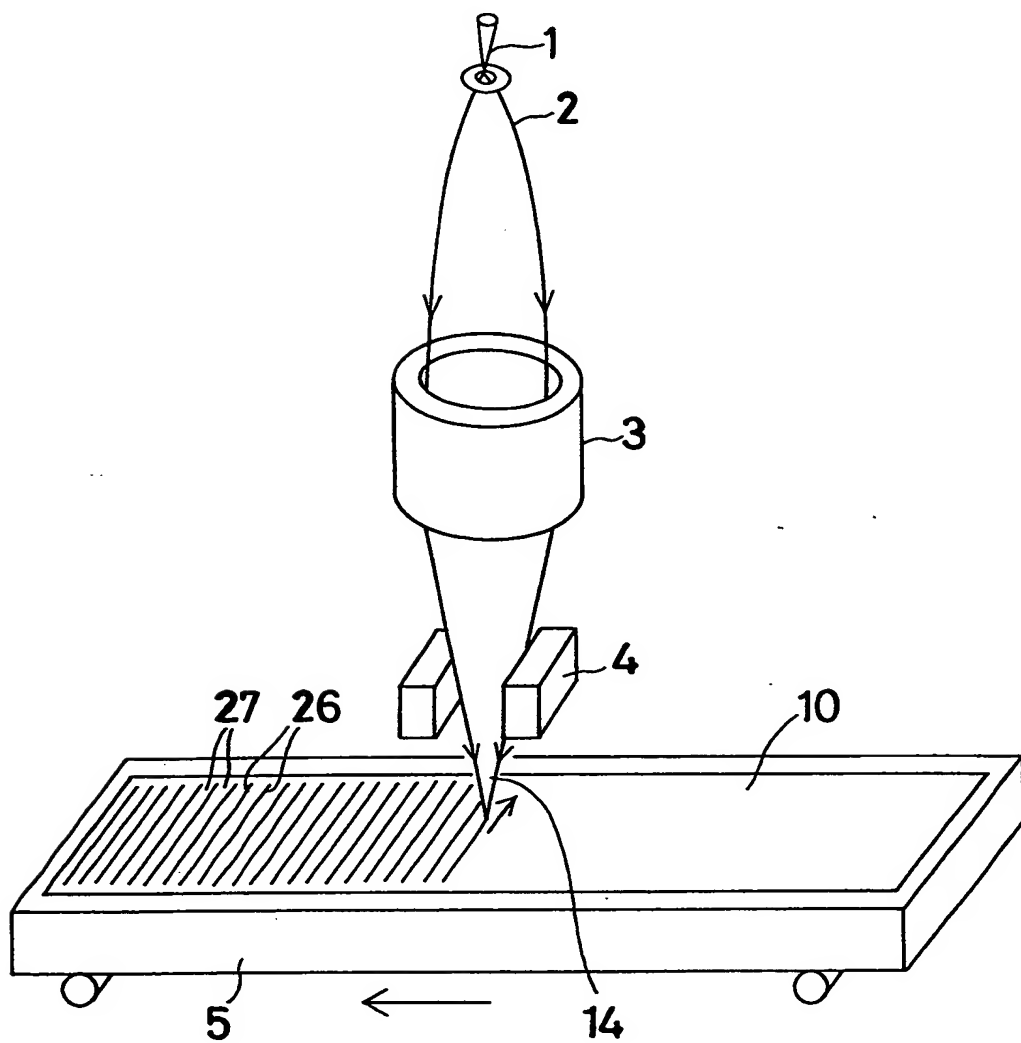
【図 4】



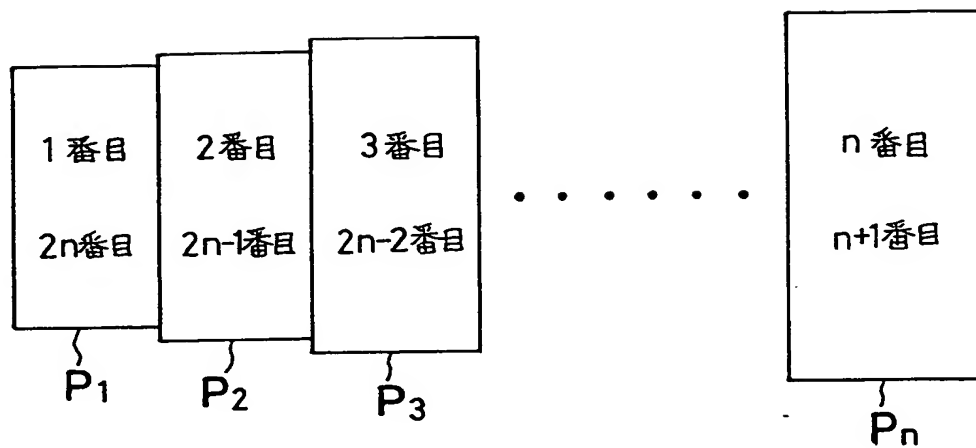
【図 5】



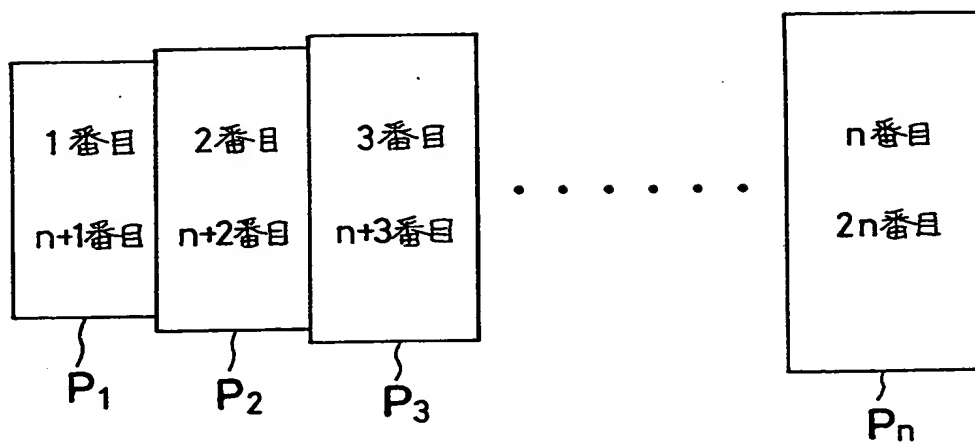
【図6】



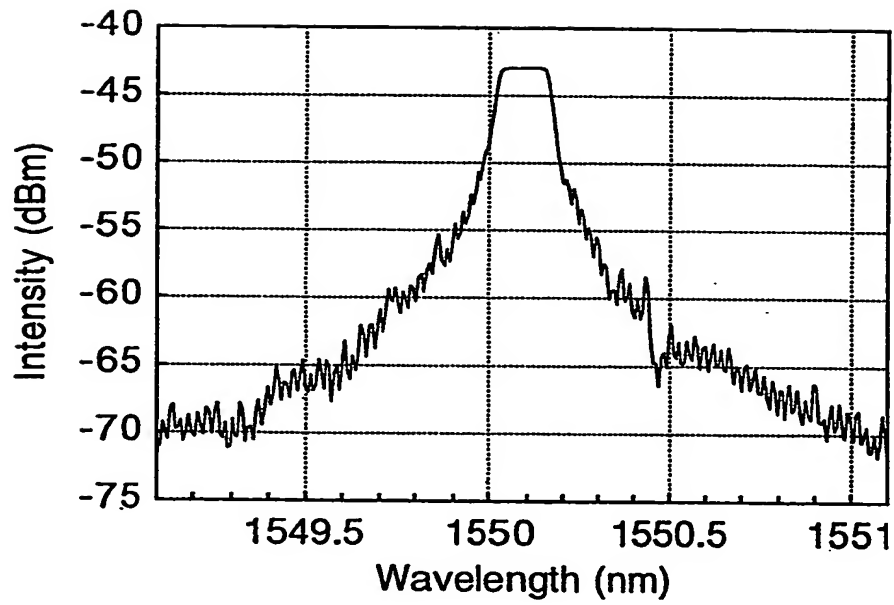
【図7】



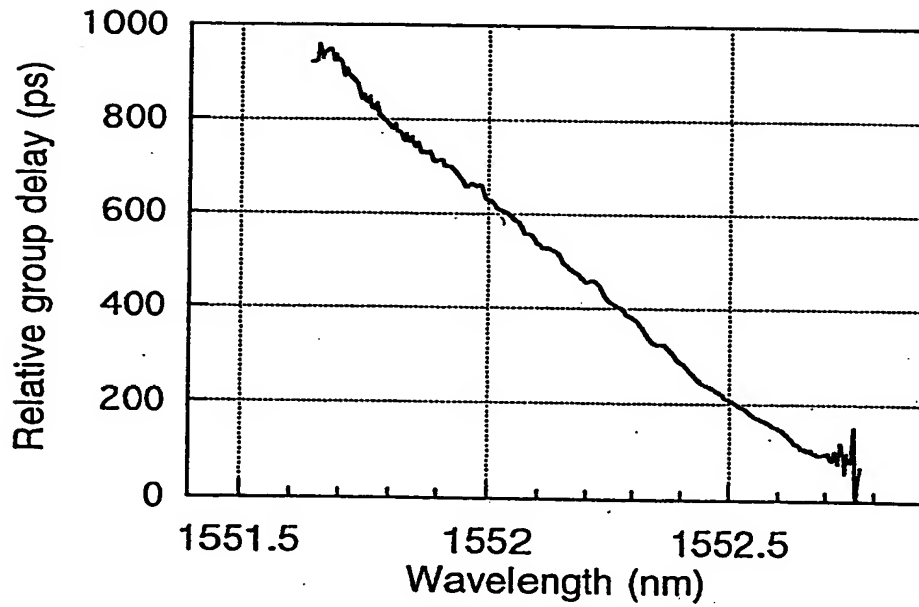
【図8】



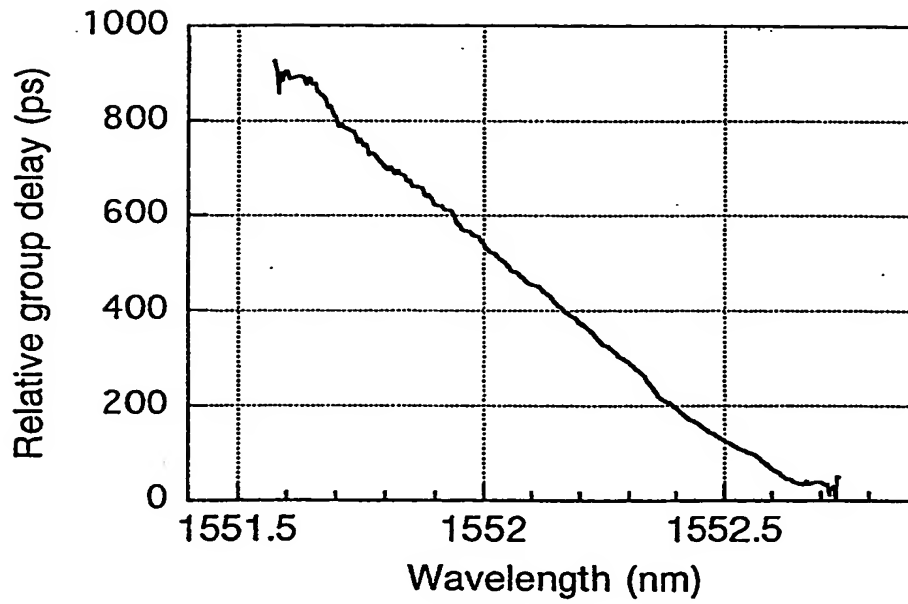
【図9】



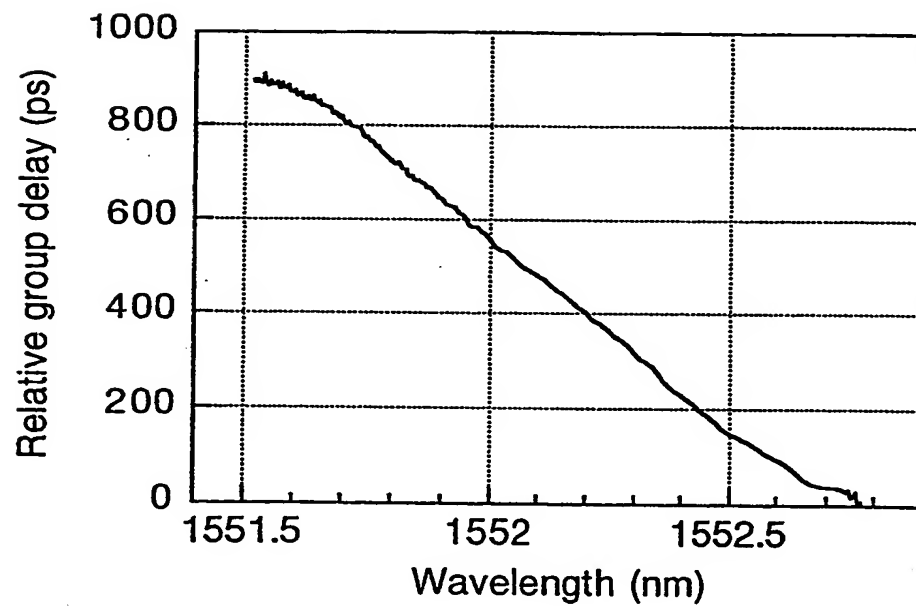
【図10】



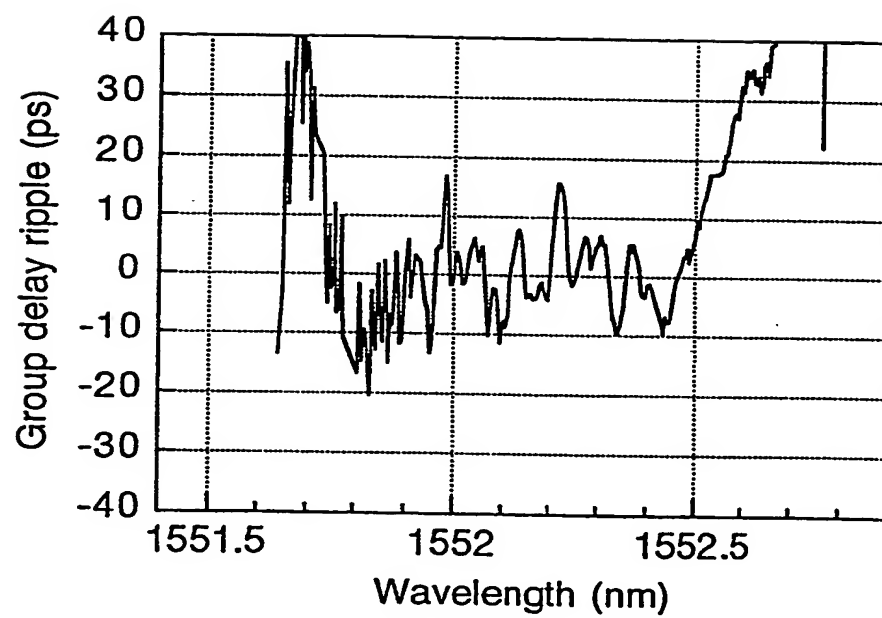
【図11】



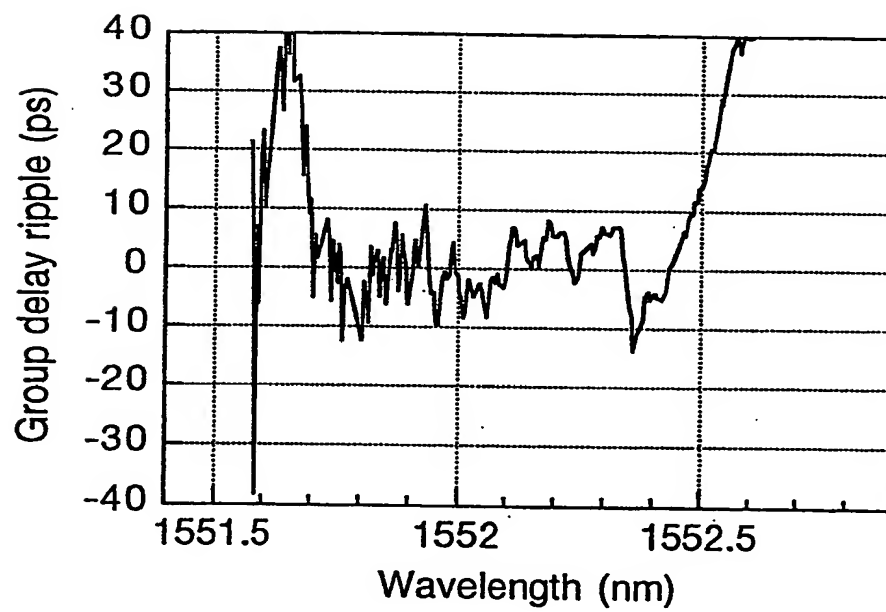
【図12】



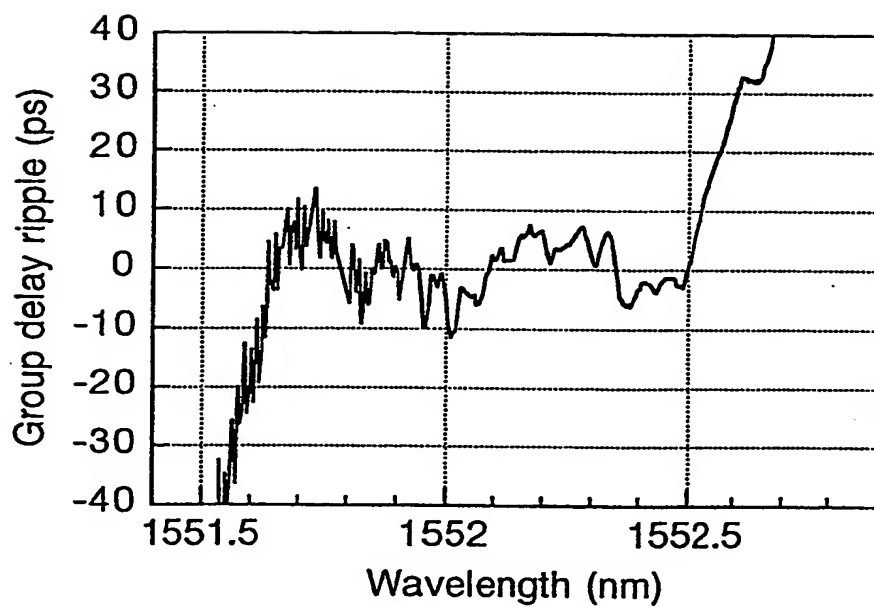
【図 13】



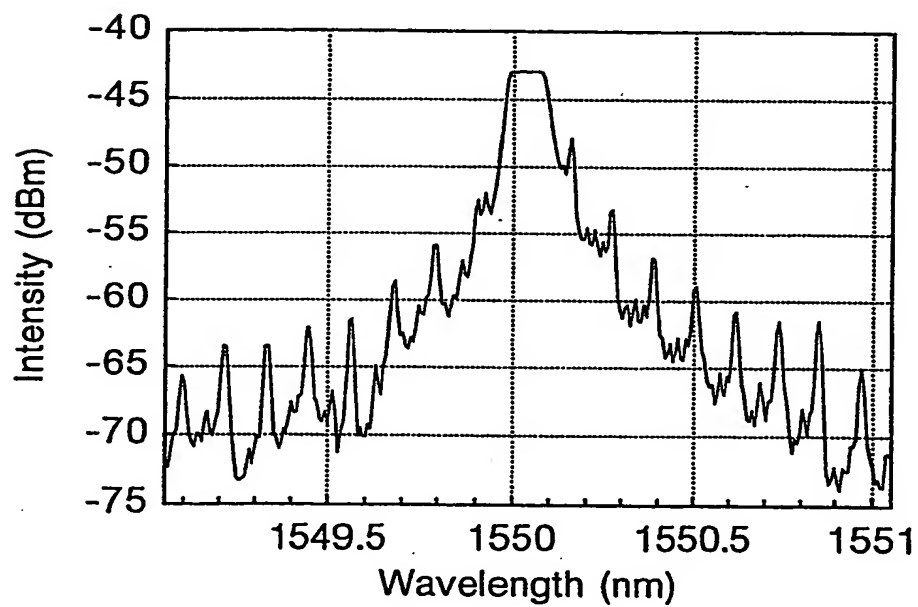
【図 14】



【図 1 5】



【図 1 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 作製される光ファイバー回折格子のスペクトル波形並びに群遅延特性を悪化させる繋ぎエラーを少なくした光ファイバー加工用位相マスクの製造方法。

【解決手段】 透明基板の1面に格子状の凹溝と凸条の繰り返しパターンが設けられ、その繰り返しパターンによる回折光を光ファイバーに照射して異なる次数の回折光相互の干渉縞により光ファイバー中に回折格子を作製する光ファイバー加工用位相マスクの製造方法において、ピッチが線形あるいは非線形に増加あるいは減少し、凹溝と凸条の幅の比が一定の複数のパターン $P_1 \sim P_5$ を相互に並列したマスクを作製する際に、異なるピッチデータを持つパターン間の接続部分のピッチと個別パターン内のピッチとのずれを小さくするために多重露光する。

【選択図】 図3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002897]

1. 変更年月日	1990年 8月27日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
氏 名	大日本印刷株式会社

特 2000-051487

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日 1999年 7月15日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏 名 日本電信電話株式会社